

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 6 月 17 日 (17.06.2004)

PCT

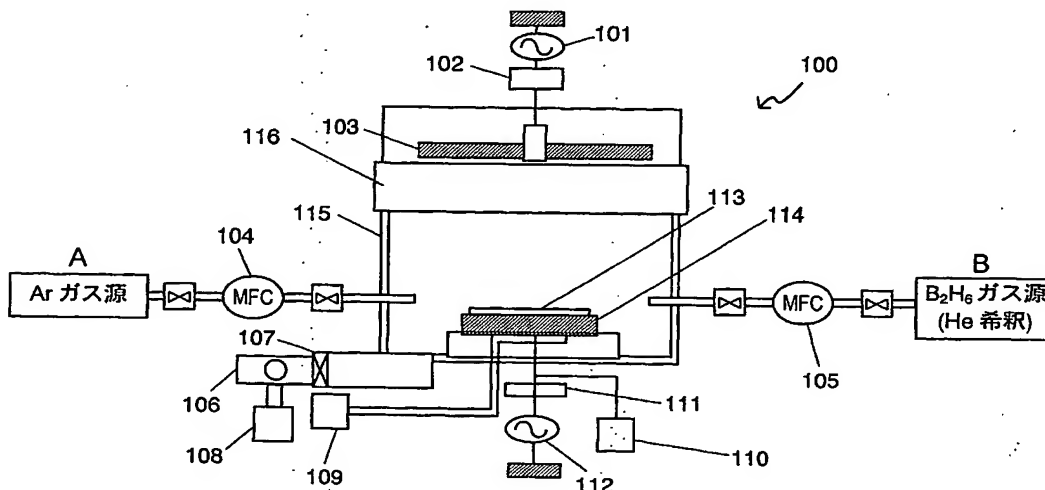
(10) 国際公開番号  
WO 2004/051720 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 21/265 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/014633 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐々木 雄  
(22) 国際出願日: 2003 年 11 月 18 日 (18.11.2003) 一郎 (SASAKI, Yuichiro) [JP/JP]; 〒194-0004 東京  
(25) 国際出願の言語: 日本語 都町田市鶴間 1720-1-304 Tokyo (JP). 水  
(26) 国際公開の言語: 日本語 野文二 (MIZUNO, Bunji) [JP/JP]; 〒630-0121 奈良  
(30) 優先権データ: 特願 2002-347177 県生駒市北大和 2-31-15 Nara (JP). 中山一  
2002 年 11 月 29 日 (29.11.2002) JP 郎 (NAKAYAMA, Ichiro) [JP/JP]; 〒571-0030 大阪  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下 府門真市末広町 13-17 Osaka (JP). 金田久隆  
器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUS- (KANADA, Hisataka) [JP/JP]; 〒576-0014 大阪府交  
TRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府門真市 野市星田山手 5-4-22 Osaka (JP). 奥村智洋  
大字門真 1006 番地 Osaka (JP). (OKUMURA, Tomohiro) [JP/JP]; 〒571-0030 大阪府門  
(74) 代理人: 岩橋 文雄, 外 (IWAHASHI, Fumio et al.); 〒 真市末広町 13-13-201 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF PLASMA DOPING

(54) 発明の名称: プラズマドーピング方法



A... Ar GAS SOURCE

B... B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> GAS SOURCE (He DILUTION)

(57) Abstract: A method of plasma doping in which dilution of B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> is maximized for enhanced safety and stable plasma generation and sustention can be carried out without lowering of doping efficiency and in which the amount of dopant injected can be easily controlled. In particular, a method of plasma doping characterized in that B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> gas is used as a material containing doping impurity while He is used as a substance of high dissociation energy and that the concentration of B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> in mixed gas is less than 0.05%.

(57) 要約: B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>をできるだけ希釈して安全性を高め、ドーピング効率を低下させることなく、安定してプラズマの発生や維持を行うことができ、さらにドーパント注入量の制御を容易に行えるプラズマドーピング方法を提供することを

[続葉有]



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

目的とするものであって、ドーピングする不純物を含む物質として  $B_2H_6$  ガスを用い、電離エネルギーが高い物質として  $H_2$  を用い、混合ガス中での  $B_2H_6$  の濃度が 0.05 % 未満であることを特徴とするプラズマドーピング方法である。

REC'D PTO 27 APR 2005

## 明細書

## プラズマドーピング方法

## 技術分野

- 5 本発明はプラズマを用いて、固体などの表面近傍に物質を導入する方法にかかわるものである。

## 背景技術

- 図5 A、Bを参照しながら、従来の技術に関して説明する。これはSSDM 8  
10 7で発表された論文からの引用であるが(Extended Abstract of Conference on Solid State Device and Materials, p319, Tokyo, 1987. Japan Society of Applied Physics)、プラズマソースに供給するガスとして、0.05%までHeで希釈した $B_2H_6$ を使用している。

- 図5 Aに示すように、反応チェンバー10にシリコンウエーハ20を導入し、  
15 ベース真空度 $5 \times 10^{-7}$  Torr ( $6.7 \times 10^{-5}$  Pa)まで減圧した後、0.05%までHeで希釈した $B_2H_6$ ガス30を導入し、真空度 $5 \times 10^{-4}$  Torr (0.067 Pa)の状態とする。この状態で、ECRプラズマソース40に電源を通じて高周波を導入し、プラズマ45を発生させる。次に、ウエーハ20を載置しているウエーハサセプター50にRF電源60から高周波を供給して、前記発生したプラズマ45とシリコン  
20 ウエーハ20間に一定の電圧、引用例に拠れば700Vを発生させる。その結果、図5 Aに示す領域Aを拡大した図5 Bに示すように、プラズマ45中の正に帯電したイオン70と電子80の内、正イオン70を引き込み、ウエーハ20表面近傍にドーピングを行う。引用例の場合は $B_2H_6$ 中のB原子がシリコン中で正の電荷(正孔)を供給する源になり、これをドーパントと呼ぶ。

- 25 引用例に於いて、 $B_2H_6$ をHeで希釈する目的は、人体に対して、極めて危険性の高い毒性をもつ $B_2H_6$ をできるだけ希釈して安全性を高め様とする試みである。しかし、 $B_2H_6$ の分圧が低下するに従って、プラズマ中に於けるBを含

むイオンの密度が低下し、ドーピング効率が著しく低下した。

又、希釈の目的で使用したHeは、原子半径が小さく、シリコンに導入しても後の熱処理で容易に外部に拡散除去する事が可能な為採用されているが、電離エネルギーが高い為、プラズマの発生や維持を行う際に、プラズマの状態が不安定になる要因となる場合があった。

さらにHeを用いると、ドーパントの注入量の制御性にも問題があった。

そこで、人体に対して極めて危険性の高い毒性をもつ $B_2H_6$ をできるだけ希釈して安全性を高め、かつ、ドーピング効率を低下させることなく、安定してプラズマの発生や維持を行うことができ、さらにドーパント注入量の制御を容易に行えるプラズマドーピング方法の提供が求められていた。

#### 発明の開示

本発明のプラズマドーピング方法は、ドーピングする不純物を含む物質よりも電離エネルギーが高い物質の分量を大にする事を特徴とするプラズマドーピング方法である。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の一実施の形態に示すプラズマドーピング装置を示す図。

図2は、本発明の一実施の形態におけるイオン電流密度の $B_2H_6$ ガス濃度依存性を示す図。

図3は、本発明の一実施の形態における電子温度の $B_2H_6$ ガス濃度依存性を示す図。

図4は、本発明の一実施の形態におけるバイアス電圧印加時間とシート抵抗の関係を示す図。

図5Aは、従来例のプラズマドーピング装置を示す図。

図5Bは、図5Aの領域Aの拡大図。

### 発明を実施するための最良の形態

5

本発明のプラズマドーピング方法が、ドーピングする不純物を含む物質よりも電離エネルギーが高い物質の分量を大にする理由は、イオン電流密度と電子温度が大きいプラズマを用いたプラズマドーピングが可能となるからである。具体的には、ドーピングする不純物を含む物質として $B_2H_6$ ガスを、電離エネルギー  
10 が高い物質としてHeを用い、 $B_2H_6$ の濃度が0.05%未満とすることが適している。上記の配合により、ある一定の圧力において $B_2H_6$ を含むプラズマとしてより大きなイオン電流密度と電子温度のプラズマを得ることができる。つまり、 $B_2H_6$ の濃度が低くなるに従ってイオン電流密度と電子温度は大きくなるが、 $B_2H_6$ の濃度が0.05%未満ではほぼ飽和に達するので望ましい。

15 また、本発明のプラズマドーピング方法が、ドーピングする不純物を含む物質よりも電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させ、しかる後にドーピングする不純物を含む物質を放電させる理由は、ドーピングする不純物を含むプラズマの発生時にプラズマの状態が安定するからである。さらに、電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させなかった場合よりも低い圧  
20 力でドーピングする不純物を含む物質を放電させてプラズマドーピングすることが可能となり、デポジションが起き難いプラズマドーピングが可能となるからである。具体的には、ドーピングする不純物を含む物質として $B_2H_6$ と $BF_3$ 、 $B_{10}H_{14}$ の少なくとも一つを、電離エネルギーが小さい物質としてAr, H, N, O, Kr, Xe, Cl,  $H_2$ , NO,  $N_2$ ,  $O_2$ , CO,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $SF_6$ ,  $Br_2$ ,  
25  $Cl_2$ の群から選ばれる少なくとも一つを用いる。

本発明のプラズマドーピング方法を用いることにより、0.9Pa程度の圧力で、イオン電流密度が1.1 mA/cm<sup>2</sup>以上で電子温度が6.0 eV以上のプラズ

マを安定して得ることができる。このようなプラズマを用いてバイアス電圧を印加する時間を変化させることでドーズ量を制御することが出来るプラズマドーピング方法を提供できる。その利点は、バイアス電圧の絶対値が小さい場合でも工業的に要求されるようなスループットを確保しながら容易にドーズ量の制御ができ、さらにデポジションが起き難くなるからである。

また、プラズマ発生時の圧力を変えて行うプラズマドーピングを行う際には、ドーピングする不純物を含む物質が $B_2H_6$ であり、希釈としてHeを用いる。この場合、Heによる希釈度を $n$ （％）、プラズマ発生時の圧力を $P$ （Pa）とすると、 $B_2H_6$ の希釈度が $n = 0.04/P$  となる関係を中心として、その上下プラスマイナス25％の範囲でドーピングすることが望ましい。すなわち、圧力 $P$ に依存して、希釈度が $1.25 \times n \sim 0.75 \times n$ （％）の範囲でドーピングすることが望ましい。

本発明のプラズマドーピング方法を用いることにより、人体に対して極めて危険性の高い毒性をもつ $B_2H_6$ をできるだけ希釈して安全性を高めることができる。また、ある一定の圧力においてドーピングする不純物を含むプラズマとしてより大きなイオン電流密度と電子温度のプラズマを得ることができる。さらに、プラズマの発生時にプラズマの状態を安定させることができる。又、電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させなかった場合よりも低い圧力で、ドーピングする不純物を含む物質を放電させて、プラズマドーピングすることが可能となり、デポジションが起き難いプラズマドーピングが可能となる。バイアス電圧の絶対値が小さい場合でも工業的に要求されるようなスループットを確保しながら容易にドーズ量制御ができる不純物ドーピング方法を提供できる。

以下に、本発明を、実施の形態に従い具体的に説明する。

#### 1. プラズマドーピング装置

25 先ず、図1により、本発明に用いた装置の説明をする。

装置100は、プラズマを発生させるための高周波電源101と放電の調整を行うマッチングボックス102を有し、コイル及びアンテナ103を介して高周

波電力を供給する。ガラス部材 116 はチャンバー 115 の真空度を保ちつつ、発生させた電磁波をチャンバー 115 内へ透過できる石英ガラスなどからなる部材である。

必要なガスは、Ar ガス源または  $B_2H_6$  ガス源から、マスフローコントローラ 104 または 105 を介して、チャンバー反応 115 内に供給される。反応チャンバー 115 内の真空度は前記マスフローコントローラ 104 及び 105、ターボ分子ポンプ 106、コンダクタンスポンプ 107、ドライポンプ 108 によって制御される。反応チャンバー 115 に対しては、RF もしくは DC 電源 110 から、マッチングボックス 111 を介して電力が供給される。被処理体 113 は、  
10 反応チャンバー 115 内に設置したサセプタ 114 上に載置され、前記電力が供給される。

## 2. 圧力

$B_2H_6$  ガス濃度が 0.6255 %、He ガス濃度が 99.375 % の混合ガスを用いてヘリコン波プラズマを発生させる実験を行った。ヘリコン波のソースパワーを 1500 W とし、圧力を変化させて  $B_2H_6$  と He の混合プラズマが得られる圧力範囲を調べた。圧力が 2.25 Pa 以上のときに放電が可能であり、 $B_2H_6$  と He の混合プラズマを得ることができた。一方、それ以下の圧力では放電を起こすことができなかった。

そこで、反応チャンバー 115 内に Ar ガスを導入してソースパワーを印加し、  
20 放電させて Ar プラズマを発生させた後、He ガスを導入すると同時に Ar ガスの供給を止めて He プラズマを発生させ、その後、 $B_2H_6$  ガスを導入して He と  $B_2H_6$  の混合プラズマを発生させる実験を行った。実験は圧力を変化させて行い、He と  $B_2H_6$  の混合プラズマが得られる圧力範囲を調べた。その結果、圧力が 0.8 Pa 以上のときに安定して放電が可能であることを見出した。

25 次に、 $B_2H_6$  ガス濃度が 0.025 %、He ガス濃度が 99.975 % の混合ガスを用いてヘリコン波のソースパワーを 1500 W として実験を行った。装置の関係上 2.6 Pa 以上の圧力では実験していないが、圧力が 2.6 Pa 以下の

ときには放電を起こすことはできなかった。これに対して反応チャンバー 115 内に Ar ガスを導入してソースパワーを印加して放電させて Ar プラズマを発生させた後、He ガスを導入すると同時に Ar ガスの供給を止めて He プラズマを発生させ、その後、 $B_2H_6$  ガスを導入して He と  $B_2H_6$  の混合プラズマを発生させる  
5 実験を行った。この場合には圧力が 0.8 Pa 以上のときに安定して放電が可能であった。

上記のように、ドーピングする不純物を含む物質として  $B_2H_6$  ガスを用い、電離エネルギーが小さい物質として Ar ガスを用いて、ドーピングする不純物を含む物質よりも電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させ、し  
10 かる後にドーピングする不純物を含む物質を放電させる事で、電離エネルギーが小さい物質を先行して放電させなかった場合よりも低い圧力で He と  $B_2H_6$  の混合プラズマを発生させることができた。

### 3. イオン電流密度

図 2 は  $B_2H_6$  ガスと He ガスの混合比を変えてヘリコン波プラズマを発生させたときのイオン電流密度の変化である。縦軸はイオン電流密度を表し、横軸は  $B_2H_6$  ガスと He ガスの混合ガス中の  $B_2H_6$  ガス濃度を表す。なお、横軸のカッコ内には、He ガス濃度を示す。圧力は 0.9 Pa で行った。 $B_2H_6$  ガス濃度を低下させていくと、イオン電流密度は  $B_2H_6$  ガス濃度が 1 % 以下のときに階段状に大きくなった。 $B_2H_6$  ガス濃度が 5 % と 2.6 % のときのイオン電流密度  
20 は 1.1 mA/cm<sup>2</sup> 未満であるのに対して、0.29 % と 0.025 % のときは 1.1 mA/cm<sup>2</sup> 以上であった。

Fig. 2 に示すように、0.5 % 前後で階段状にイオン電流密度が激変する。これは、ヘリコン波プラズマ源を用いて、0.5 % 未満とすることでイオン電流密度の高いプラズマを得られるという顕著な効果を示すものである。ヘリコン波  
25 プラズマ源を用いて、0.5 % 未満でこのような傾向が得られることは、従来例には開示されない顕著な効果である。

### 4. 電子温度



図3は $B_2H_6$ ガスとHeガスの混合比を変えたときの電子温度の変化である。縦軸は電子温度 $T_e$  (eV)を表し、横軸は $B_2H_6$ ガスとHeガスの混合ガス中の $B_2H_6$ ガス濃度を表す。なお、横軸のカッコ内には、Heガス濃度を示す。ヘリコン波プラズマを用い、圧力は0.9 Paで行った。 $B_2H_6$ ガス濃度の低下に従って電子温度は上昇した。そして $B_2H_6$ ガス濃度が0.025 %でほぼ飽和した。電子温度は、 $B_2H_6$ ガス濃度が0.29 %以上では6.0 eV未満であるのに対して、0.025 %では6.0 eV以上であった。

#### 5. ドーズ量の制御性

$B_2H_6$ ガス濃度を0.025 %、0.29 %とする二種類の $B_2H_6$ とHeの混合プラズマを用いてn-Si(100)ウエハにプラズマドーピングを行った。バイアス電圧は-60 V、圧力は0.8 Paとした。プラズマドーピング後、1100℃で3分間のアニール処理を行った。その後、四探針法でシート抵抗を測定した。また $B_2H_6$ ガス濃度0.025 %で作成した試料は、プラズマドーピング後のボロンのドーズ量をSIMSで測定した。

図4はバイアス電圧印加時間(横軸)とシート抵抗値(縦軸)の関係である。折れ線401は、 $B_2H_6$ ガス濃度が0.29 % (すなわち、Heガス濃度は99.71 %)の時の測定結果を示し、折れ線402は $B_2H_6$ ガス濃度が0.025 % (すなわち、Heガス濃度は99.975 %)の時の測定結果を示す。折れ線401が示すように、 $B_2H_6$ ガス濃度を0.29 %としたときは、バイアス電圧印加時間を3秒、7秒、30秒と変えてもシート抵抗は約400 ohms/sq. でほとんど変化しなかった。一方、折れ線402が示すように、 $B_2H_6$ ガス濃度を0.025 %としたときは、バイアス電圧印加時間を1、3、7、30秒と変えることでシート抵抗を1020、460、350、290 ohms/sq. と変えることができた。また、プラズマドーピング後のボロンドーズ量は $2.2E14$ 、 $6.0E14$ 、 $6.5E14$ 、 $8.0E14$  atoms/cm<sup>2</sup>と可変であった。なお、ボロン濃度が $1E18$  atoms/cm<sup>3</sup>となる深さは4~6 nm以下であった。このようにバイアス電圧印加時間を変化させることで30秒以下、または15秒以下程度の時間範囲内で

ドーズ量を制御できる。これにより工業的に要求されるようなスループットを確保しながら容易にドーズ量の制御ができる。

#### 6. デバイスへの適用

- 図1に示したプラズマドーピング装置を用いてデバイスの試作を行った。予め
- 5 マスクをパターンニングしたn-Si(100)ウエハ113をサセプタ114上に載せて反応チャンバー115に収容後、コンダクタンスバルブ107を開放し、ターボ分子ポンプ106を用いて反応チャンバー115を減圧した。所定の真空度に達した後、マスフローコントローラ104を介して反応チャンバー115内にArガスを導入し、ソースパワーを印加して放電させてArプラズマを発生させた。
- 10 次に、マスフローコントローラ105を介してHeガスを導入すると同時にArガスの供給を止めてHeプラズマを発生させた。ヘリコン波のソースパワーは1500 Wとした。Heプラズマを発生させた上で、マスフローコントローラ105を介して、 $B_2H_6$ ガス濃度が0.025%、Heガス濃度が99.975%の混合ガスを導入し、圧力0.8 Paで混合プラズマを発生させた。-60 Vのバイ
- 15 アス電圧を、30秒間印加してドーピングした。処理後、取り出したウエハ113を熱処理した。熱処理後のウエハ113上には、シート抵抗値290 ohms/squ.に相当する抵抗パターンが形成されていた。同様な方法で、-60 Vのバイアス電圧で時間を変えてドーピングすることでシート抵抗値の異なるパターンを形成することができた。
- 20 以上説明したように、本発明のプラズマドーピング方法を、半導体装置や液晶パネルなどの電気・電子デバイスまたはコンデンサ、抵抗、コイルなどの受動電気デバイスの製造に用いることが出来る。

#### 産業上の利用可能性

25

以上説明したように、本発明により、 $B_2H_6$ をできるだけ希釈して安全性を高め、かつ、ドーピング効率を低下させることなく、安定してプラズマの発生や

維持を行うことができ、さらにドーパント注入量の制御を容易に行えるプラズマドーピング方法を提供することが出来る。

## 請求の範囲

1. プラズマドーピング方法であって、ドーピングする不純物を含む第1の物質  
と前記第1の物質よりも高い電離エネルギーを有する第2の物質との混合物質か  
5 らなる混合プラズマを発生させる工程を有し、前記第1の物質よりも前記第2の  
物質の分量が大であって、前記第1の物質が $B_2H_6$ であり、前記第2の物質が  
希ガスであり、前記混合物質中での $B_2H_6$ の濃度が0.05%未満であることを  
特徴とする。
- 10 2. プラズマドーピング方法であって、ドーピングする不純物を含む第1の物質  
と前記第1の物質よりも高い電離エネルギーを有する第2の物質との混合物質か  
らなる混合プラズマを発生させる工程を有し、前記第1の物質よりも前記第2の  
物質の分量が大であって、前記第1の物質が $B_2H_6$ であり、前記第2の物質が  
希ガスであり、前記混合物質中での $B_2H_6$ の濃度が0.5%未満であり、プラ  
15 ズマ源としてヘリコン波プラズマ源を用いることを特徴とする。
3. プラズマドーピング方法であって、ドーピングする不純物を含む第1の物質  
と前記第1の物質よりも高い電離エネルギーを有する第2の物質との混合物質か  
らなる混合プラズマを発生させる工程を有し、前記第1の物質よりも前記第2の  
20 物質の分量が大であって、前記プラズマを発生させる工程が、イオン電流密度が  
1.1 mA/cm<sup>2</sup>以上のプラズマを発生させる工程であることを特徴とする。
4. プラズマドーピング方法であって、ドーピングする不純物を含む第1の物質  
と前記第1の物質よりも高い電離エネルギーを有する第2の物質との混合物質か  
25 らなる混合プラズマを発生させる工程を有し、前記第1の物質よりも前記第2の  
物質の分量が大であって、前記プラズマ発生させる工程が、電子温度が6.0  
eV以上のプラズマを発生させる工程であることを特徴とする。

5. 請求項1または2記載のプラズマドーピング方法であって、イオン電流密度が $1.1 \text{ mA/cm}^2$ 以上のプラズマを用いて被処理体にドーピングすることを特徴とする。

5

6. 請求項1または2記載のプラズマドーピング方法であって、前記希ガスがHeであることを特徴とする。

10

7. 請求項1または2記載のプラズマドーピング方法であって、電子温度が $6.0 \text{ eV}$ 以上のプラズマを使用して被処理体にドーピングすることを特徴とする。

8. 請求項1～4に記載のプラズマドーピング方法であって、被処理体への不純物のドーズ量が、バイアス電圧を印加する時間を変化させることで制御できることを特徴とする。

15

9. 請求項8記載のプラズマドーピング方法であって、前記バイアス電圧が $-60 \text{ V}$ 以下であることを特徴とする。

20

10. 請求項1記載のプラズマドーピング方法であって、前記混合プラズマを発生させる工程に先立つ先行工程を有し、前記先行工程が、前記第1の物質より電離エネルギーの小さい第3の物質のプラズマを発生させる工程であり、前記先行工程と前記混合プラズマを発生させる工程とが連続した工程であることを特徴とする。

25

11. 請求項3または4記載のプラズマドーピング方法であって、前記第1の物質が $\text{B}_2\text{H}_6$ 、 $\text{BF}_3$ 、 $\text{B}_{10}\text{H}_{14}$ の群から選ばれる少なくとも一つであり、前記第2の物質がHe, Ne, Rn, Ar, H, N, O, Kr, Xe, Cl,  $\text{H}_2$ ,

NO, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, Br<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>の群から選ばれる少なくとも一つである。

12. プラズマドーピング方法であって、イオン電流密度が1.1 mA/cm<sup>2</sup>以上のプラズマを用いて被処理体にドーピングすることを特徴とする。

13. プラズマドーピング方法であって、電子温度が6.0 eV以上のプラズマを使用いて被処理体にドーピングすることを特徴とする。

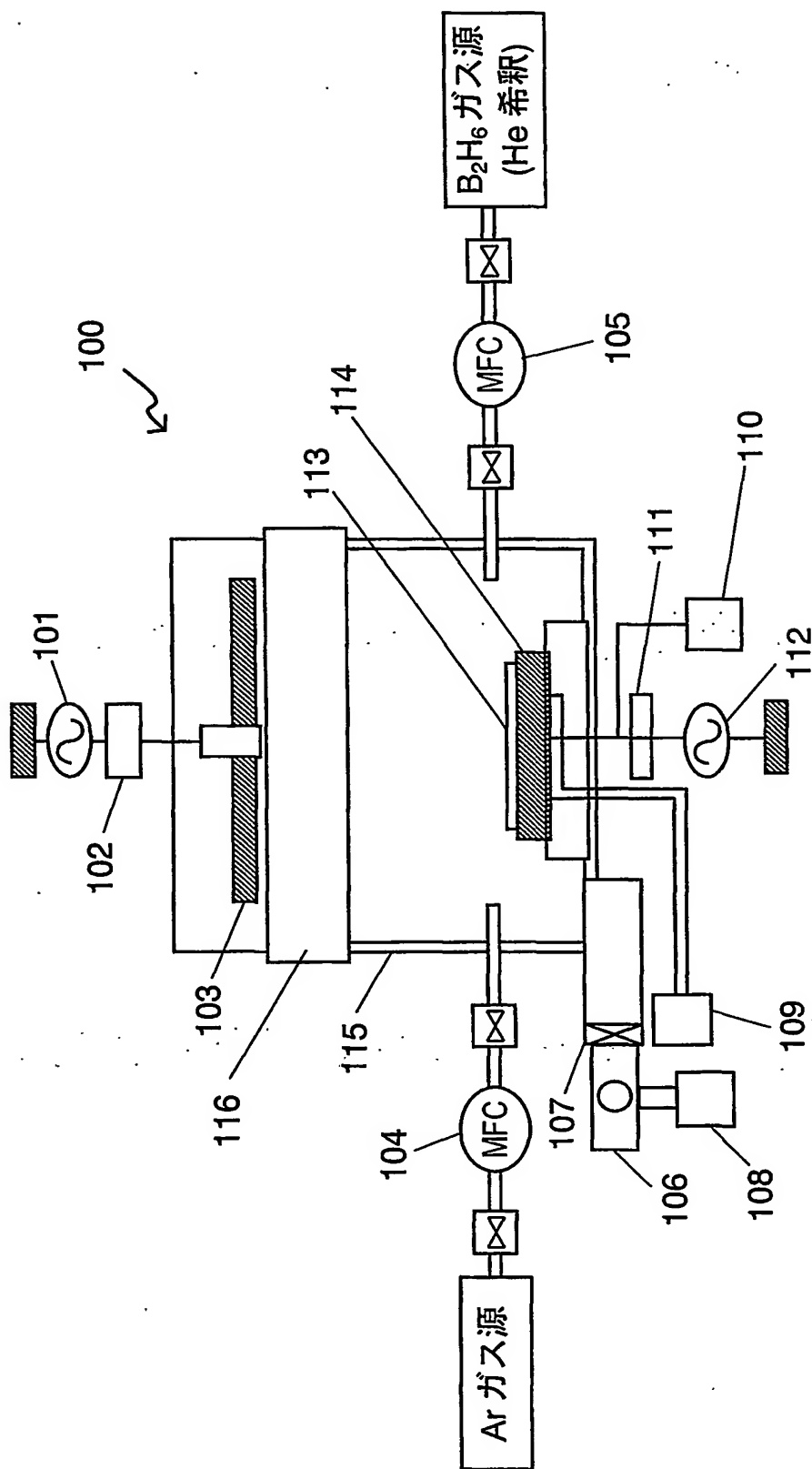
10 14. プラズマドーピング方法であって、ドーピングする不純物を含む物質よりも電離エネルギーが小さい物質のプラズマを先行して発生させ、しかる後にドーピングする不純物を含む物質を放電させることを特徴とする。

15 15. プラズマドーピング方法であって、B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>とHeとの混合プラズマを用いてドーピングする工程を有し、前記ドーピング工程が、He中でのB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>の希釈度をnとし、前記混合プラズマ発生時の圧力をPとして、 $n = 0.04/P$ で得られるnを中心とする条件でドーピングすることを特徴とする。

20 16. 請求項15記載のプラズマドーピング方法であって、前記ドーピング工程が、前記nの範囲を、 $0.85n \sim 1.25n$ とすることを特徴とする。

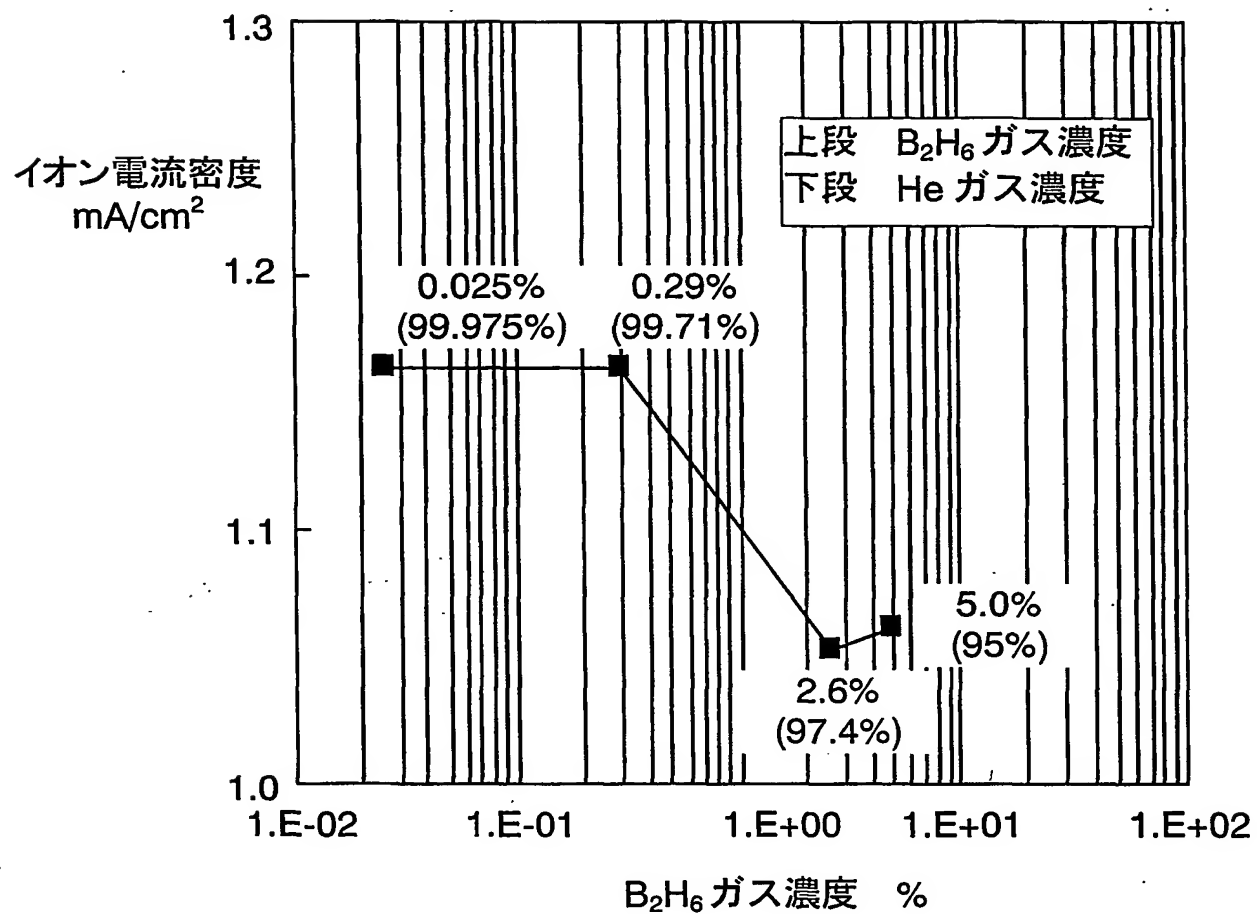
17. 請求項1、2、3、4、12～15記載のプラズマドーピング方法であって、半導体装置や液晶パネルなどの電気・電子デバイスまたはコンデンサ、抵抗、コイルなどの受動電気デバイスの製造に用いる。

FIG. 1



2/6

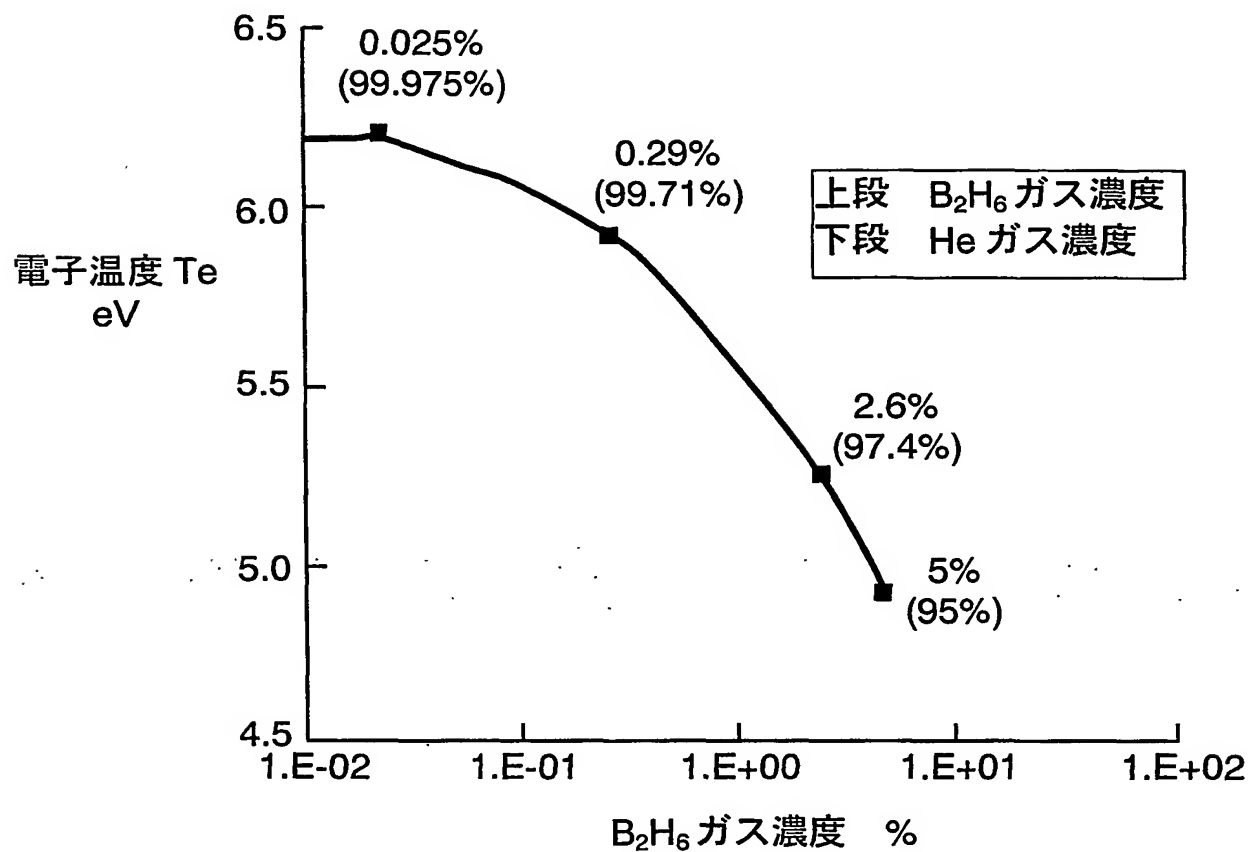
FIG. 2





3/6

FIG. 3



4/6

FIG. 4

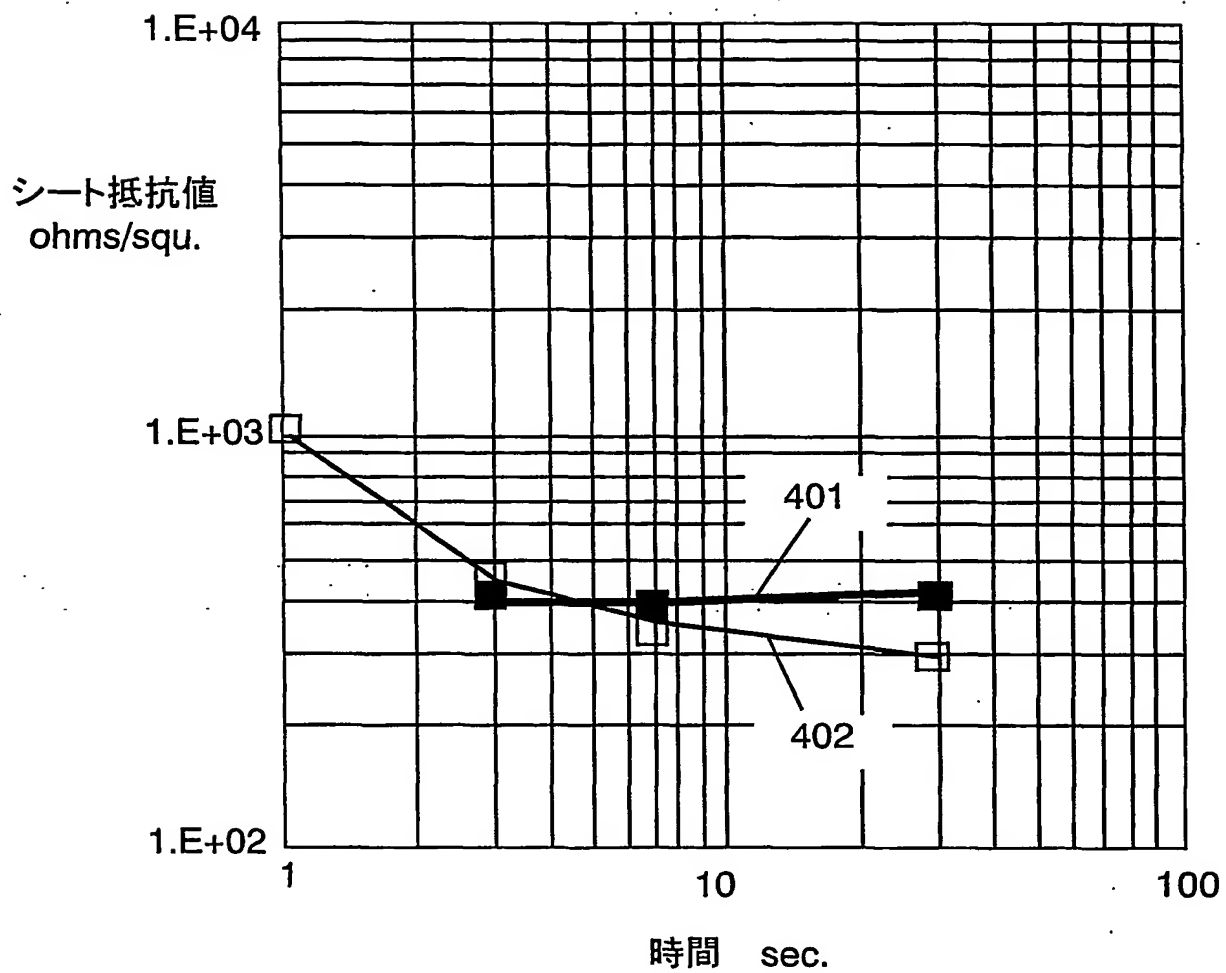


FIG. 5A

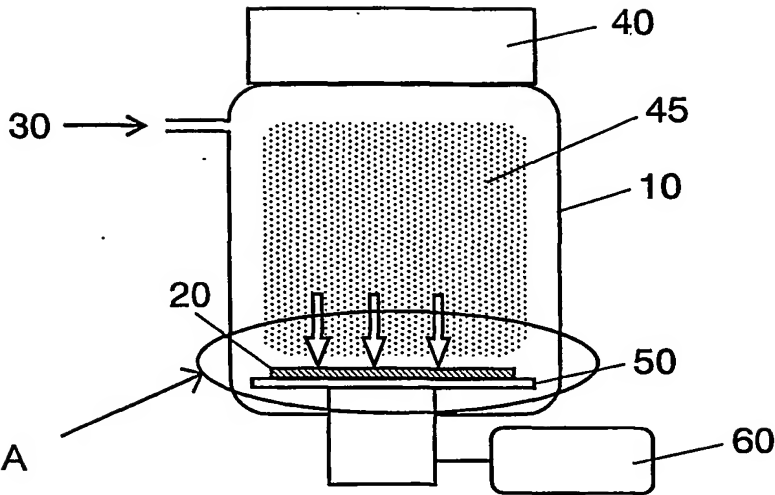
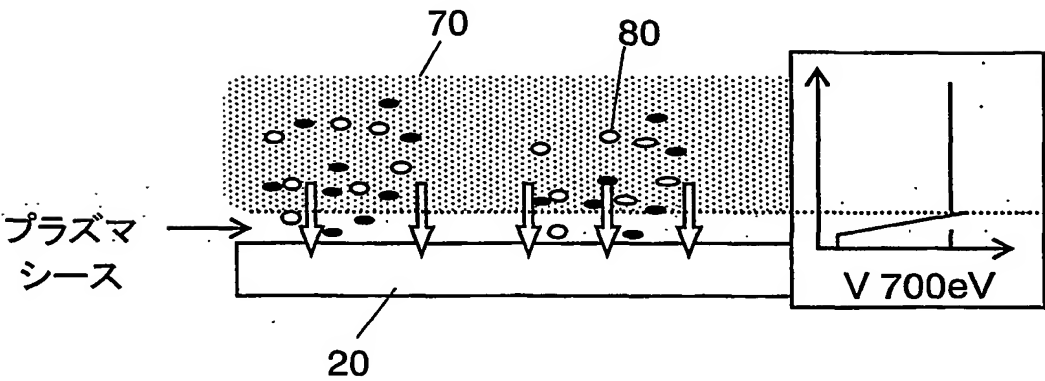


FIG. 5B



## 図面の参照符号の一覧表

- 1 0 反応チェンバー
- 2 0 シリコウエーハ
- 3 0  $B_2H_6$  ガス
- 4 0 ECR プラズマソース
- 4 5 プラズマ
- 5 0 ウエーハサセプター
- 6 0 RF 電源
- 1 0 0 プラズマドーピング装置
- 1 0 1 高周波電源
- 1 0 2 マッチングボックス
- 1 0 3 コイルおよびアンテナ
- 1 0 4 マスフローコントローラ
- 1 0 5 マスフローコントローラ
- 1 0 6 ターボ分子ポンプ
- 1 0 7 コンダクタンスバルブ
- 1 0 8 ドライポンプ
- 1 0 9 サークレータ
- 1 1 0 DC 電源
- 1 1 1 マッチングボックス
- 1 1 2 高周波電源
- 1 1 3 被処理体
- 1 1 4 サセプタ
- 1 1 5 反応チャンバー
- 1 1 6 ガラス部材
- 4 0 1、4 0 2 電圧印加時間とシート抵抗値の関係を示す折れ線

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/JP03/14633

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L21/265

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl.<sup>7</sup> H01L21/265, H01L21/3065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 10-12890 A (Sony Corp.), 16 January, 1998 (16.01.98), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1, 3-7, 11-13, 15-17 2, 10, 14 8-9
X Y	EP 1054433 A1 (Canon Sales Co., Inc.), 05 November, 1999 (05.11.99), Full text; Figs. 1 to 9D & JP 2000-323422 A Full text; Figs. 1 to 9 & US 6403410 B1	3, 11-12, 17 1-2, 4-6
X Y	JP 2002-170782 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 June, 2002 (14.06.02), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	15-16 2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search  
12 February, 2004 (12.02.04)

Date of mailing of the international search report  
02 March, 2004 (02.03.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP03/14633

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02/80254 A1 (Tadahiro OMI),	14
Y	10 October, 2002 (10.10.02), Full text; Figs. 1 to 5 & JP 2002-299241 A Full text; Figs. 1 to 5	10

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP03/14633

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

(See extra sheet)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest** ☒ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet(1)

In order for a group of inventions claimed in claims to satisfy the requirement of unity of invention, there must be "special technical features" which link the group of inventions so as to form a single general inventive concept. In this connection, it appears that the group of inventions claimed in claims 1-17 are linked to each other only in the matter "method of plasma doping".

However, this matter is described in prior art references, for example, JP 1-120015 A (Kawasaki Steel Corp.), 12 May, 1989 (12.05.89) and JP 2000-323422 A (Canon Sales Co., Inc.), 24 November, 2000 (24.11.00). Hence, it cannot be special technical features.

Consequently, there exist no special technical features for linking the group of inventions claimed in claims 1-17 so as to form a single general inventive concept. Therefore, it is apparent that the group of inventions claimed in claims 1-17 do not satisfy the requirement of unity of invention.

Now, the number of inventions, i.e., number of inventions linked to each other so as to form a general inventive concept, claimed in the claims of this international application will be studied. From the viewpoint of general inventive concepts, it appears that the claims of this international application claim eight inventions duly divided into those of claims [1,5-10,17], [2], [3,11], [4], [12], [13], [14] and [15-16].

Among these inventions, the inventions of claims 1 and 2 are seemingly linked to each other in the matter "method of plasma doping comprising the step of generating a mixed plasma consisting of a mixture of a first substance containing doping impurity and a second substance having a dissociation energy higher than that of the first substance, wherein the content of the second substance is larger than that of the first substance, the first substance being  $B_2H_6$  while the second substance being a noble gas". However, this matter is also described in prior art references, for example, JP 10-12890 A (Sony Corp.), 16 January, 1998 (16.01.98). Hence, it cannot be special technical features. Further, the inventions of claims 3 and 12 are seemingly linked to each other in the matter "method of plasma doping wherein a material to be treated is doped with the use of plasma of  $1.1\text{mA/cm}^2$  or greater ion current density". However, this matter is also described in prior art references, for example, EP 1054433 A1 (Canon Sales Co., Inc.), 05 November, 1999 (05.11.99). Hence, it cannot be special technical features.

On the other hand, it appears that the inventions of claims 4 and 13 are linked to each other in the matter "method of plasma doping wherein a material to be treated is doped with the use of plasma of 6.0 eV or higher electron temperature".

Any other matters linking two or more inventions to each other cannot be found.

(Continued to next page)



Accordingly, the claims 1-17 claim seven inventions duly divided into those of claims [1,5-10,17], [2], [3,11], [4,13], [12], [14], and [15-16].

Furthermore, claims [1,5-10,17] will be studied. Although these inventions are seemingly linked to each other only in the matter recited in claim 1, the matter recited in claim 1 is described in prior art references, for example, JP 10-12890 A (Sony Corp.), 16 January, 1998 (16.01.98). Hence, it cannot be special technical features. Consequently, it appears that the claims [1,5-10,17] claim six inventions duly divided into those of claims [1,5], [6], [7], [8-9], [10] and [17].

In summing up, it appears that the claims of this international application claim twelve inventions duly divided into those of claims [1,5], [2], [3,11], [4,13], [6], [7], [8-9], [10], [12], [14], [15-16] and [17].

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L 21/265

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01L 21/265, H01L 21/3065

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	J P 10-12890 A (ソニー株式会社) 1998. 01. 16, 全文, 第1-7図 (ファミリーなし)	1, 3-7, 11-13, 15-17 2, 10, 14 8-9
X Y	E P 1054433 A1 (Canon Sales Co., Inc.) 1999. 11. 05, 全文, 第1-9D図 & J P 2000-323422 A 全文, 第1-9図 & US 6403410 B1	3, 11-12, 17 1-2, 4-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12. 02. 2004

国際調査報告の発送日

02. 3. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮崎 園子

4M

3123

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

## C (続き) 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 2002-170782 A (松下電器産業株式会社)	15-16
Y	2002.06.14, 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	2
X	WO 02/80254 A1 (大見 忠弘)	14
Y	2002.10.10, 全文, 第1-5図 & J P 2002-299241 A 全文, 第1-5図	10

## 第 I 欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第 1 ページの 2 の続き)

法第 8 条第 3 項 (PCT 17 条 (2) (a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であって PCT 規則 6.4(a) の第 2 文及び第 3 文の規定に従って記載されていない。

## 第 II 欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第 1 ページの 3 の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

特別ページ参照

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

請求の範囲に記載されている一群の発明が単一性の要件を満たすためには、その一群の発明を単一の一般的発明概念を形成するように連関させるための、特別な技術的特徴の存在が必要であるところ、請求の範囲1～17に記載されている一群の発明は、「プラズマドーピング方法」からなる事項でのみ連関していると認める。

しかしながら、この事項は先行技術文献、例えば、JP 1-120015 A (川崎製鉄株式会社)、1989.05.12や、JP 2000-323422 A (キヤノン販売株式会社)、2000.11.24等に記載されているため、特別な技術的特徴とはなり得ない。

そうすると、請求の範囲1～17に記載されている一群の発明の間には、単一の一般的発明概念を形成するように連関させるための、特別な技術的特徴は存在しないこととなる。そのため、請求の範囲1～17に記載されている一群の発明が発明の単一性を満たしていないことは明らかである。

次に、この国際出願の請求の範囲に記載されている、一般的発明概念を形成しているように連関している発明の数、すなわち発明の数について検討するに、一般的発明概念からして、この国際出願の請求の範囲には、[1, 5～10, 17]、[2]、[3, 11]、[4]、[12]、[13]、[14]、[15～16]に区分される8個の発明が記載されていると認める。

これらの発明のうち、請求の範囲1、2に記載されている発明には、「プラズマドーピング方法であって、ドーピングする不純物を含む第1の物質と前記第1の物質よりも高い電離エネルギーを有する第2の物質との混合物質からなる混合プラズマを発生させる工程を有し、前記第1の物質よりも前記第2の物質の分量が大であって、前記第1の物質が $B_2H_6$ であり、前記第2の物質が希ガスである」という事項で一応連関しているものの、この事項も先行技術文献、例えば、JP 10-12890 A (ソニー株式会社) 1998.01.16に記載されているため、特別な技術的特徴とはなり得ない。また、請求の範囲3、12に記載されている発明には、「プラズマドーピング方法であって、イオン電流密度が $1.1 \text{ mA/cm}^2$ 以上のプラズマを用いて被処理体にドーピングすること」という事項で一応連関しているものの、この事項も先行技術文献、例えば、EP 1054433 A1 (Canon Sales Co., Inc.) 1999.11.05に記載されているため、特別な技術的特徴とはなり得ない。

一方、請求の範囲4、13に記載されている発明には、「プラズマドーピング方法であって、電子温度が $6.0 \text{ eV}$ 以上のプラズマを用いて被処理体にドーピングすること」という事項で連関しているものと認める。

そして、他に複数の発明を連関させている事項を見いだすことはできない。

そうすると、請求の範囲1～17には、[1, 5～10, 17]、[2]、[3, 11]、[4, 13]、[12]、[14]、[15～16]に区分される7個の発明が記載されている。

さらに、請求の範囲[1, 5～10, 17]について検討するに、これらの発明は、請求の範囲1に記載されている事項でのみ一応連関しているものの、請求の範囲1に記載されている事項は、先行技術文献、例えば、JP 10-12890 A (ソニー株式会社) 1998.01.16に記載されているため、特別な技術的特徴とはなり得ないため、請求の範囲[1, 5～10, 17]には、[1, 5]、[6]、[7]、[8～9]、[10]、[17]に区分される6個の発明が記載されていると認める。

してみると、この国際出願の請求の範囲には、[1, 5]、[2]、[3, 11]、[4, 13]、[6]、[7]、[8～9]、[10]、[12]、[14]、[15～16]、[17]に区分される12個の発明が記載されていると認める。